

Radio-Club de la Haute Île



F5KFF / F6KGL

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

Bienvenue sur le cours de F6KGL

La séance de ce soir porte sur

Technique

Chapitre 3 - Deuxième partie

Galvanomètres, microphones et haut-parleurs

Ce document a servi pour le cours enregistré le **24/02/2023**.

Ce document (*PDF*), le fichier audio (*MP3*) et le lien de la vidéo (*YouTube*)
sont disponibles sur la page <https://f6kgl-f5kff.fr/lespodcasts/>

Les documents de notre site Internet sont mis à disposition selon les termes de la
Licence <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>





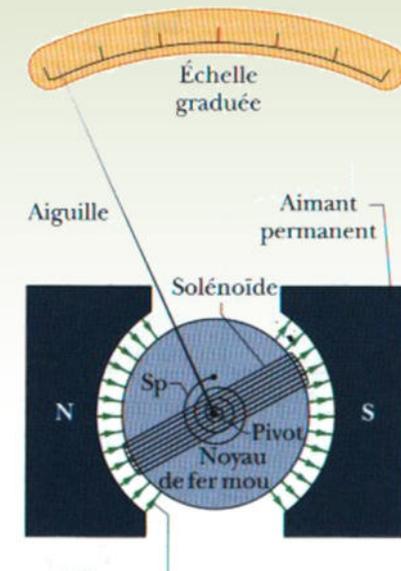
3-4) les galvanomètres



Luigi Galvani
1737 – 1798

Commentaire sur les forces électriques dans le mouvement musculaire (1791)

- Les **galvanomètres à cadres mobiles** sont des appareils de **mesure d'intensité**. Un galvanomètre est composé :
 - d'une **bobine** (*solénoïde*, *solen* = « tuyau » en grec)
 - d'un **cadre mobile**
 - surmonté d'une **aiguille**
 - un **cadran gradué** permet de lire la mesure
- Les **caractéristiques** d'un galvanomètre sont :
 - sa **résistance interne** (R_i en Ω)
 - de l'ordre d'une dizaine d'ohms
 - son **intensité de déviation maximum** (I_g)
 - de l'ordre du mA, voire moins ($50 \mu\text{A}$)
 - un galvanomètre ne peut lire que :
 - de **faibles** intensités ou de faibles tensions
 - des valeurs **continues**





3-4) les galvanomètres

- Pour lire des tensions ou des intensités supérieures, on utilisera une **résistance** déterminée par la loi d'Ohm :



- en **série** avec le galvanomètre, ce qui donne un **voltmètre**

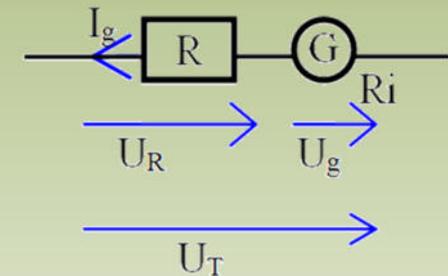
- pour ne pas perturber le circuit mesuré, I_g doit être la plus faible possible

- en **dérivation** (**shunt**), ce qui donne un **ampèremètre**

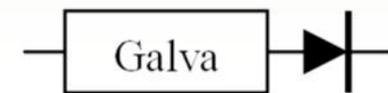
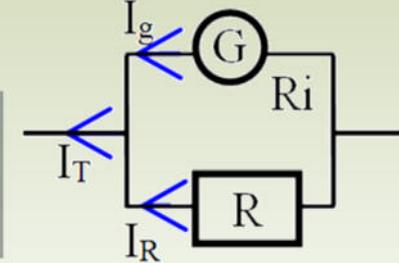
- R_i doit être la plus faible possible

- le galvanomètre ne mesure que des **valeurs moyennes**. Pour indiquer des valeurs efficaces ou maximum,

- une diode sera montée en série (redressement)
- une échelle de lecture adaptée sera utilisée



Shunt d'un multimètre



voir aussi page **CNFRA** dans Radio-REF de septembre 2012



3-4) les galvanomètres

- **Exemple** : nous possédons un galvanomètre dont les caractéristiques sont les suivantes :
 - intensité de déviation maximum = $20 \mu\text{A}$
 - résistance interne = 10Ω .

Comment réaliser un voltmètre dont le calibre est de 10 volts et un ampèremètre dont le calibre est 1 ampère ?

- Dans un voltmètre, la résistance est en série

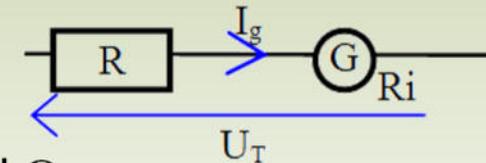
$$U_g = I_g \cdot R_i = 0,00002 \times 10 = 0,0002 \text{ V}$$

$$U_R = U_T - U_g = 10 - 0,0002 = 9,9998 \text{ V}$$

$$R = U_R / I_g = 9,9998 / 0,00002 = \mathbf{499990 \Omega} \approx 500 \text{ k}\Omega$$

$$\text{ou : } R = (U_T / I_g) - R_i = (10 / 0,00002) - 10 = 500000 - 10 = \mathbf{499990 \Omega}$$

$$\text{en négligeant la résistance interne : } R = U_T / I_g = 10 / 0,00002 = 500 \text{ k}\Omega$$



- Dans un ampèremètre, la résistance est en parallèle

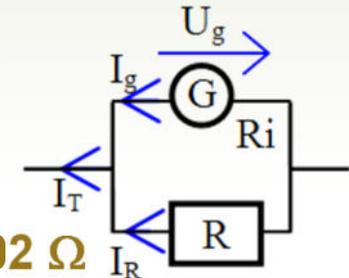
$$I_R = I_T - I_g = 1\text{A} - 0,00002 \text{ A} = 0,99998 \text{ A}$$

$$R = U / I = U_g / I_R = 0,0002 \text{ V} / 0,99998 \text{ A} \approx \mathbf{0,0002 \Omega}$$

$$\text{ou : } R = U_g / I_R = (R_i \cdot I_g) / (I_T - I_g)$$

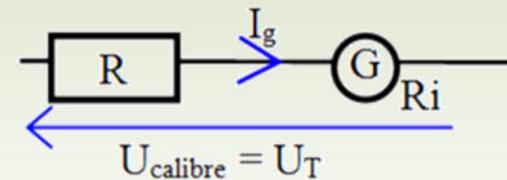
$$= (10 \times 0,00002) / (1 - 0,00002) = 0,0002 / 9,99998 \approx \mathbf{0,0002 \Omega}$$

$$\text{en négligeant la résistance interne : } R = U_g / I_T = (10 \times 0,00002) / 1 = 0,0002 \Omega$$



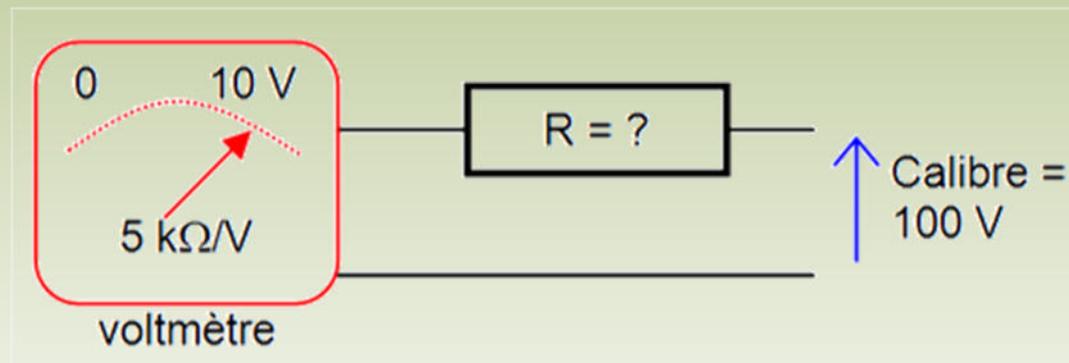
3-5) Qualité des voltmètres

- Le fait de brancher un voltmètre sur un circuit **ne doit pas perturber** le fonctionnement de ce dernier.
- Le **facteur de qualité** du voltmètre (**Q**) est égal au rapport :
 - de la **résistance totale** du voltmètre ($R_i + R$)
 - divisé par le **calibre** de l'appareil (tension lue à pleine échelle)
 - ce rapport (R / U) est directement fonction de la **sensibilité** du galvanomètre (I_g).
 - un voltmètre possède toujours le **même rapport Ω/V** quelque soit le calibre utilisé.
- **$Q = (R + R_i) / U_T = \Omega / V$**
- **$Q = 1 / I_g$**
 - *Les multimètres modernes (numériques) ont une résistance interne quasiment constante quelque soit le calibre utilisé.*
 - *Leur impédance d'entrée est très grande par rapport aux multimètres analogiques (à aiguille).*



3-5) Qualité des voltmètres

- **Exemple** : Quelle est la valeur de la résistance R à mettre en série avec ce voltmètre ($5 \text{ k}\Omega/\text{V}$) calibré sur 10 volts pour obtenir un voltmètre calibré sur 100 volts ?

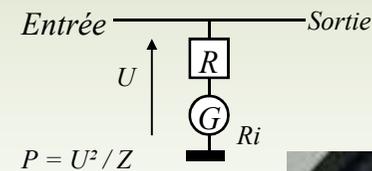
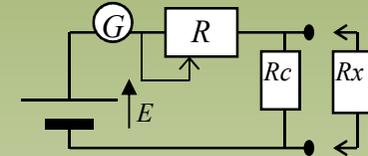


- la résistance R doit créer une différence de potentiel égale à la tension de calibre diminuée de la tension du voltmètre ($100 \text{ V} - 10 \text{ V} = 90 \text{ V}$). La résistance du voltmètre est de $5 \text{ k}\Omega/\text{V}$. La résistance R aura donc pour valeur $90 \text{ V} \times 5 \text{ k}\Omega/\text{V} = \mathbf{450 \text{ k}\Omega}$
- ou : $Q = 1/I_g$ donc $I_g = 1 / Q = 1 / 5000 = 0,0002 \text{ A}$
 $R = U / I = 90 \text{ V} / 0,0002 \text{ A} = 450000 \Omega = \mathbf{450 \text{ k}\Omega}$



3-6) Ohmmètre et wattmètre

- un **ohmmètre** est composé d'un ampèremètre avec lequel on mesure le courant traversant la résistance à mesurer (R_x). Cet instrument nécessite donc une pile. R_c est la résistance de calibre. La résistance R est variable pour tarer l'ohmmètre à 0Ω (déviation maxi).
- un **wattmètre** est composé d'un voltmètre qui indique la puissance sous une impédance donnée
- pour ces deux instruments de mesure, une échelle de lecture adaptée, non linéaire, est déterminée par les lois d'Ohm ou de Joule





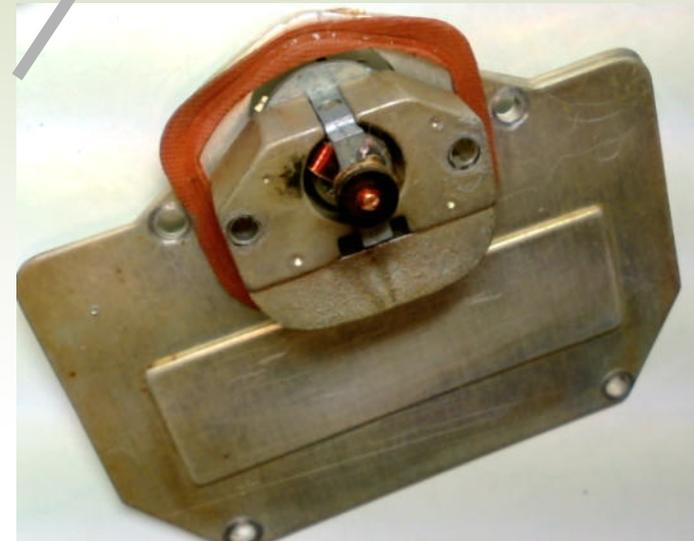
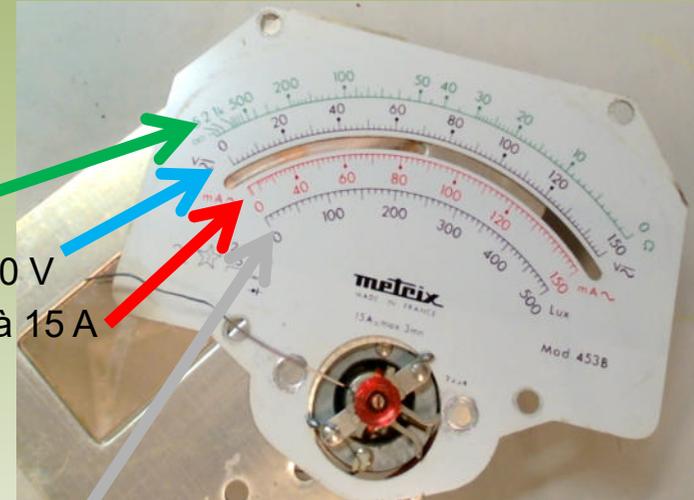
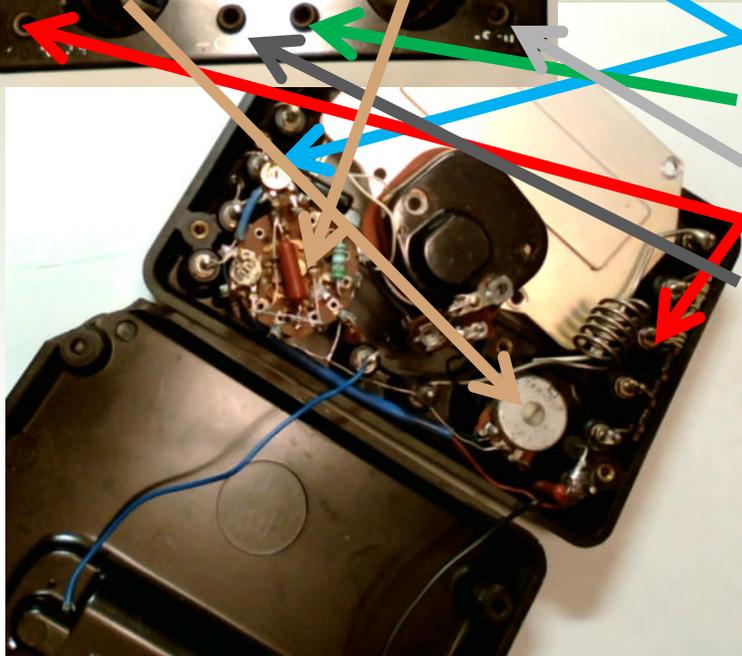
3-6) Ohmmètre et wattmètre

• Autopsie d'un Métrix 453B

Mesures de :

- Résistance : 0 à 500 Ω
- Tension (cont et alt) : 3 à 750 V
- Intensité (cont et alt) : 0,03 à 15 A
- Lumière : 0 à 500 Lux

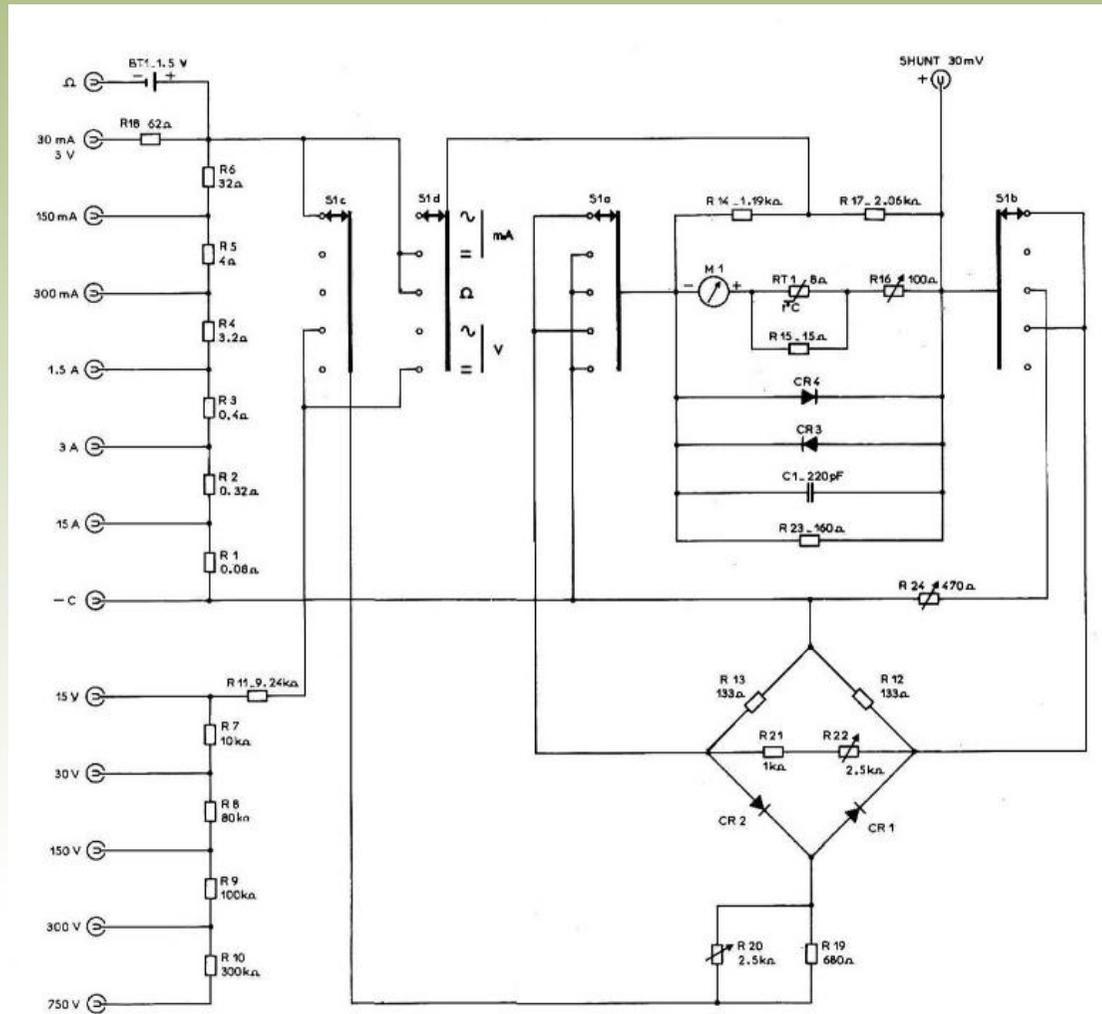
Tension
Résistance
LUX (avec accessoire)
Intensité
Commun





3-6) Ohmmètre et wattmètre

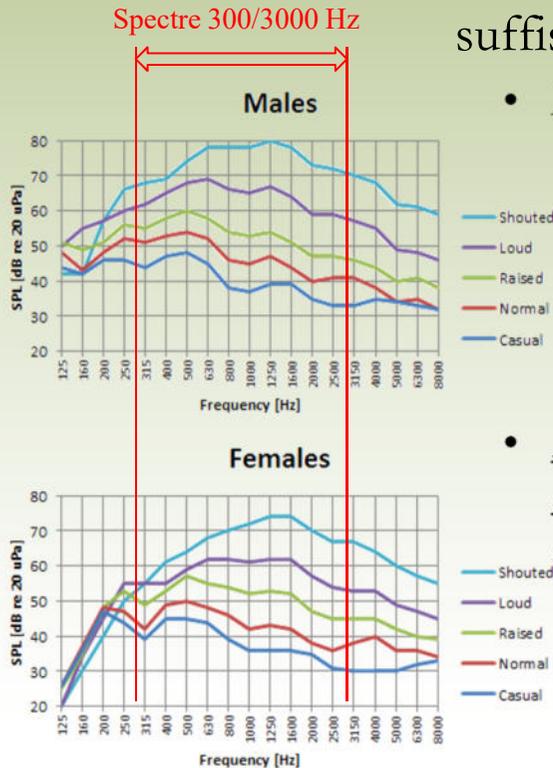
- Schéma du Métrix 453B



3-7) Microphone, haut-parleur et relais électromécanique



- Les **basses fréquences** (BF) occupent un spectre allant de **0 Hz à 20.000 Hz**. Les **fréquences acoustiques** (audibles pour l'oreille humaine) vont de **100 Hz à 15.000 Hz**.
- Toutefois, un spectre allant de 300 Hz à 3000 Hz est largement suffisant pour la compréhension d'un message en téléphonie.

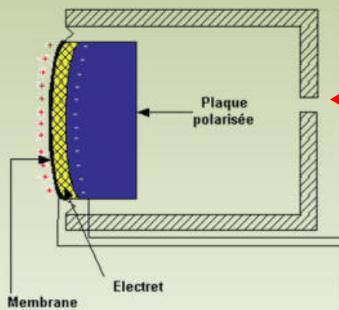


- *La **voix humaine** est composée de fréquences issues*
 - *des sons issus de la nasalisation lorsque l'air s'échappe par le nez comme dans les lettres m ou n (**graves**)*
 - *de fréquences issues du souffle expiré par la bouche (**coffre**)*
 - *de fréquences issues des cordes vocales (**présence**)*
 - *de fréquences provenant des sons émis par la langue (**sibillance**) tels que s et ch ou, dans une moindre mesure, par les lèvres (p, f)*
- **Les graves et la sibillance ne sont pas utiles à l'intelligibilité d'une conversation** mais servent uniquement à la reconnaissance de la voix du correspondant.
 - *pour une voix d'**homme**, les graves se situent vers 80 Hz, le coffre vers 300 Hz, la présence vers 2 kHz et la sibillance vers 3/4 kHz*
 - *pour une voix de **femme**, les graves se situent vers 150 Hz, le coffre vers 400/500 Hz, la présence vers 3 kHz et la sibillance vers 5/6 kHz*
- d'où le **spectre retenu en téléphonie : 300 à 3000 Hz**

3-7) Microphone, haut-parleur et relais électromécanique

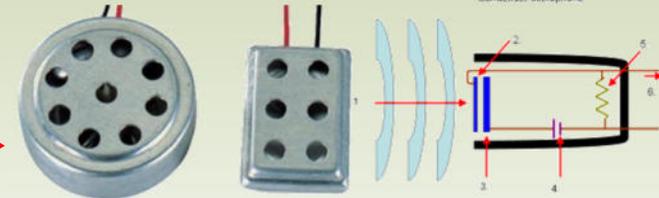
- **Le microphone** est constitué d'une membrane qui recueille les vibrations de l'air et les transforme en variation de grandeurs électriques.

- **représentation schématique**



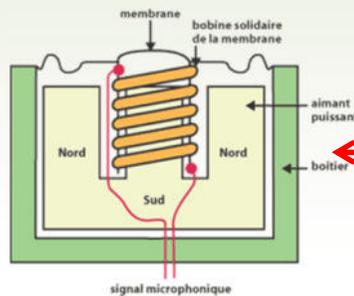
- *microphone électret (impédance très élevée et nécessite une alimentation, très répandu dans l'environnement du PC)*

- *microphone céramique utilisant l'effet électrostatique du condensateur*

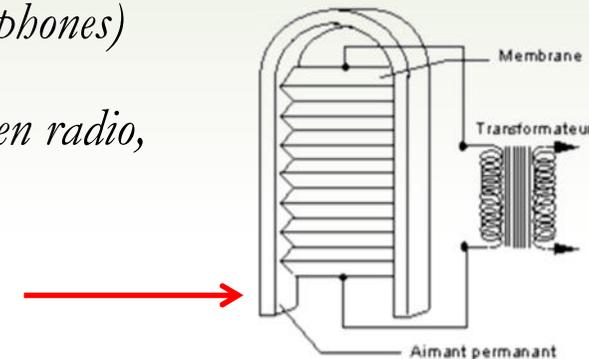


- *microphone à charbon (ou microphone résistif, impédance de l'ordre d'un millier d'ohms, utilisé dans les vieux téléphones)*

- *microphone dynamique (le plus répandu en radio, impédance $\approx 1000 \Omega$)*



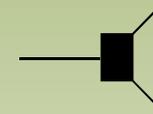
- *microphone à ruban (basse impédance, très sensible, bi-directionnel)*



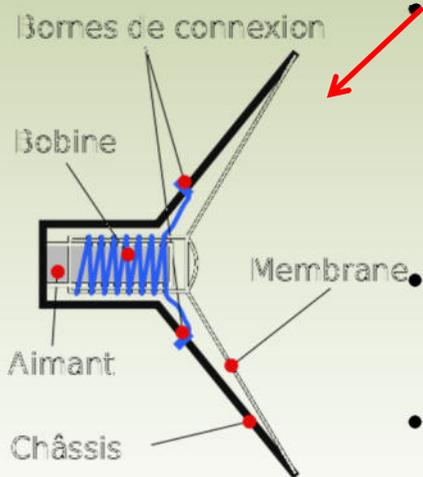
3-7) Microphone, haut-parleur et relais électromécanique

- **Le haut-parleur** (HP) reproduit les vibrations d'air au rythme du courant délivré par l'amplificateur AF

- **représentation** schématique



- les différents types de HP sont :



- le **HP électrodynamique** (de loin, le plus répandu) : sa membrane rigide et légère est mise en mouvement par le courant de la bobine plongée dans un champ magnétique. Son impédance est faible (environ 10Ω , voire moins)

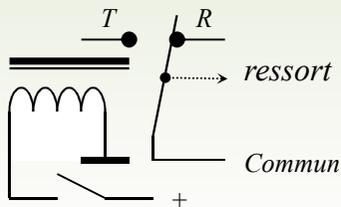
- le HP **électrostatique** (système très directif et peu puissant, utilisé parfois dans les casques, son impédance est la plus élevée de tous les HP)
- le HP **piézoélectrique** utilisant les propriétés de certains polymères qui réagissent mécaniquement aux tensions (utilisé dans les oreillettes)
- le HP **à ruban** (utilisé dans les tweeters en Hi-Fi)
- le HP **ionique** (ou à plasma) utilisant une bulle d'air ionisée et chauffée par un courant HF (peu répandu car très cher)



3-7) Microphone, haut-parleur et relais électromécanique



- **Un relais électromécanique** est un commutateur à commande électrique. Un relais électromécanique est composé :
 - d'un électro-aimant (barreau de fer doux entouré d'une bobine)
 - d'un mécanisme qui actionne une (ou plusieurs) lame qui se colle à des contacts, assurant ainsi la commutation. Les contacts se nomment :
 - repos (lorsqu'aucun courant ne circule dans l'électro-aimant)
 - travail (lorsque l'électro-aimant est « collé »)

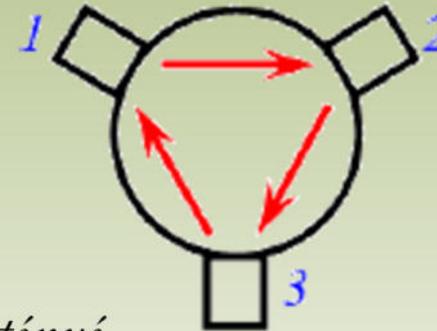




3-7) Microphone, haut-parleur et relais électromécanique



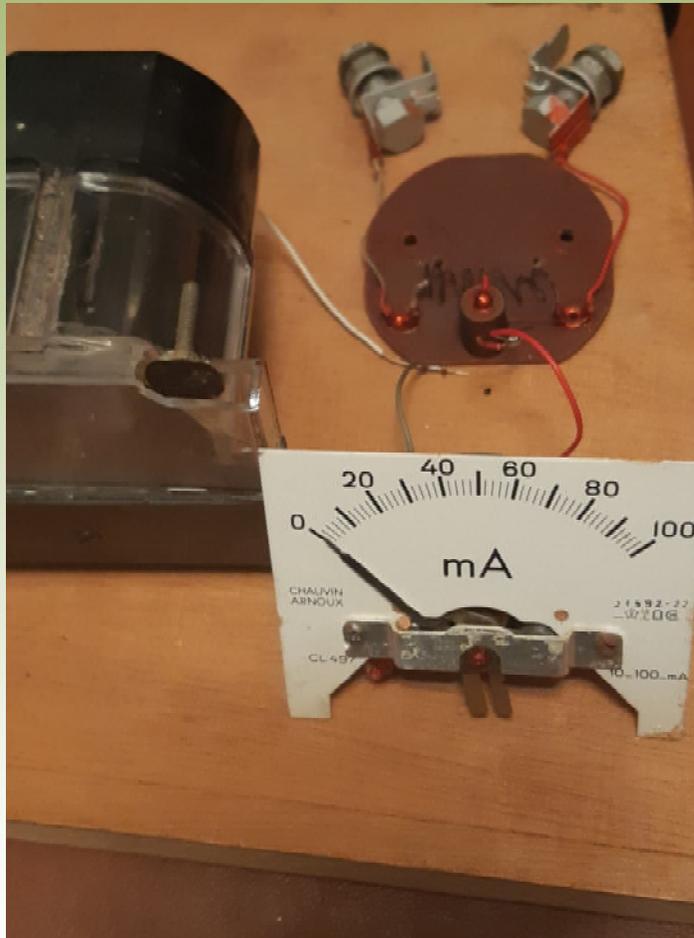
- Un **circulateur HF** est constitué de ferrites et d'aimants qui dirigent les courants entre les trois bornes du dispositif.
- L'énergie HF ne circule que dans un sens :
 - de 1 vers 2
 - de 2 vers 3
 - de 3 vers 1
 - dans l'autre sens, le signal est fortement atténué.
- Un circulateur est construit pour une largeur de bande (Bw) de 3% maximum en UHF et au-delà.
 - exemple ci-contre : $Bw = 2110-2170$ (2,8%)



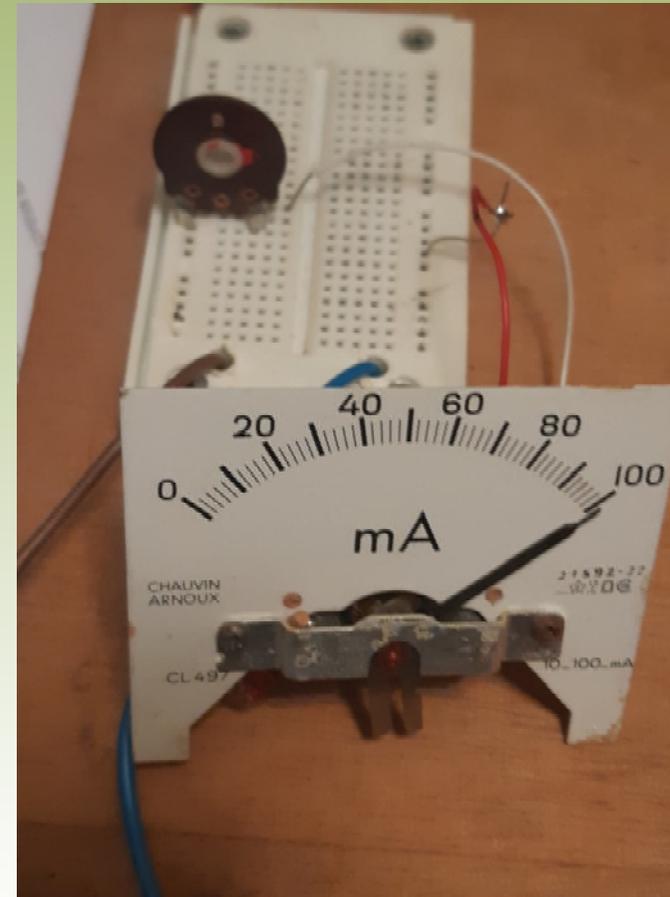


Chapitre 3 - 2^{ème} partie

modifier un ampèremètre en voltmètre



- Avant : une fois l'ampèremètre démonté
- à gauche : la carcasse en plastique
 - Au dessus : les plots de connexion
 - Au milieu : le shunt
 - En bas : le galvanomètre



Après, une fois la modif réalisée :

- Suppression du shunt
- Ajout d'une résistance ajustable en série

Ajustement mécanique du 0

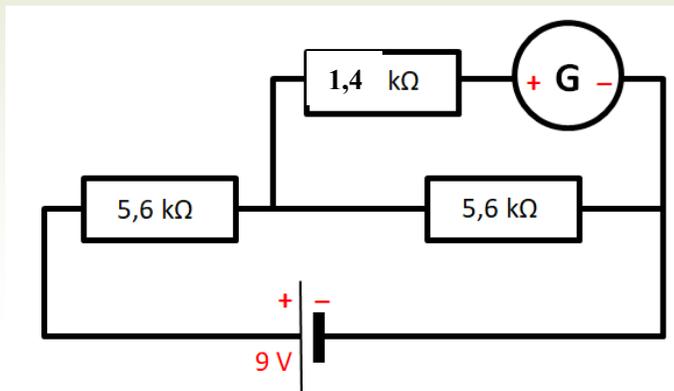
Réglage de la résistance pour déviation max à 9 volts
 Il faudrait refaire le cadran (*ou lire en % du calibre*)

Chapitre 3 - 2^{ème} partie

2) mesure d'une tension avec l'appareil



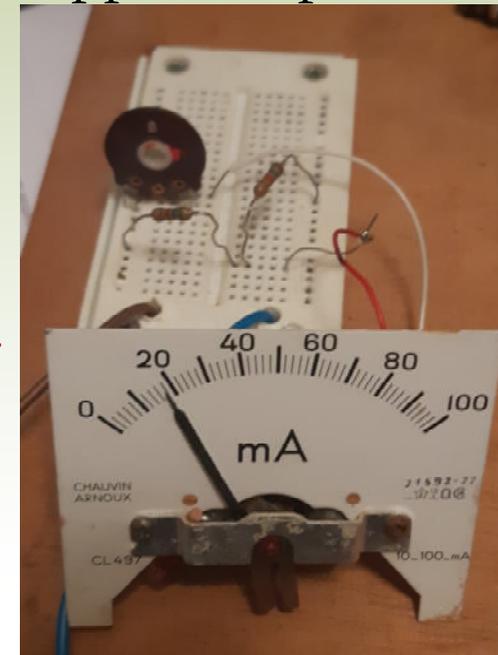
- Avec le voltmètre réalisé, mesurer la tension au milieu d'un pont de deux résistances de 5,6 k Ω
 - On devrait lire une valeur d'environ 50% du calibre (9 V)
 - Constat : **la lecture est faussée (le voltmètre indique 18%)**
 - Vérification avec un appareil numérique : **1,5 V !!!**
 - Explication : le facteur Q est trop faible par rapport au pont
 - $R_{galva} = 1,4 \text{ k}\Omega$; $Q = 1400/9 = \mathbf{156 \Omega/V}$
 - Calcul de la tension sur R2 :
 - $R_t = (1,4 \times 5,6) / (1,4 + 5,6) + 5,6 = 1,1 + 5,6 = 6,7$
 - $U_{R2} = 9 \times (1,1/6,7) = \mathbf{1,5 V}$ (soit 17% de 9 V et pas 4,5 V)



Le schéma explicatif

Moralité : ne pas chercher à détourner un instrument de mesure !

Par nature, un ampèremètre a une faible résistance interne ce qui est incompatible avec un voltmètre de bonne qualité...



Tension sur R2 (R à gauche)

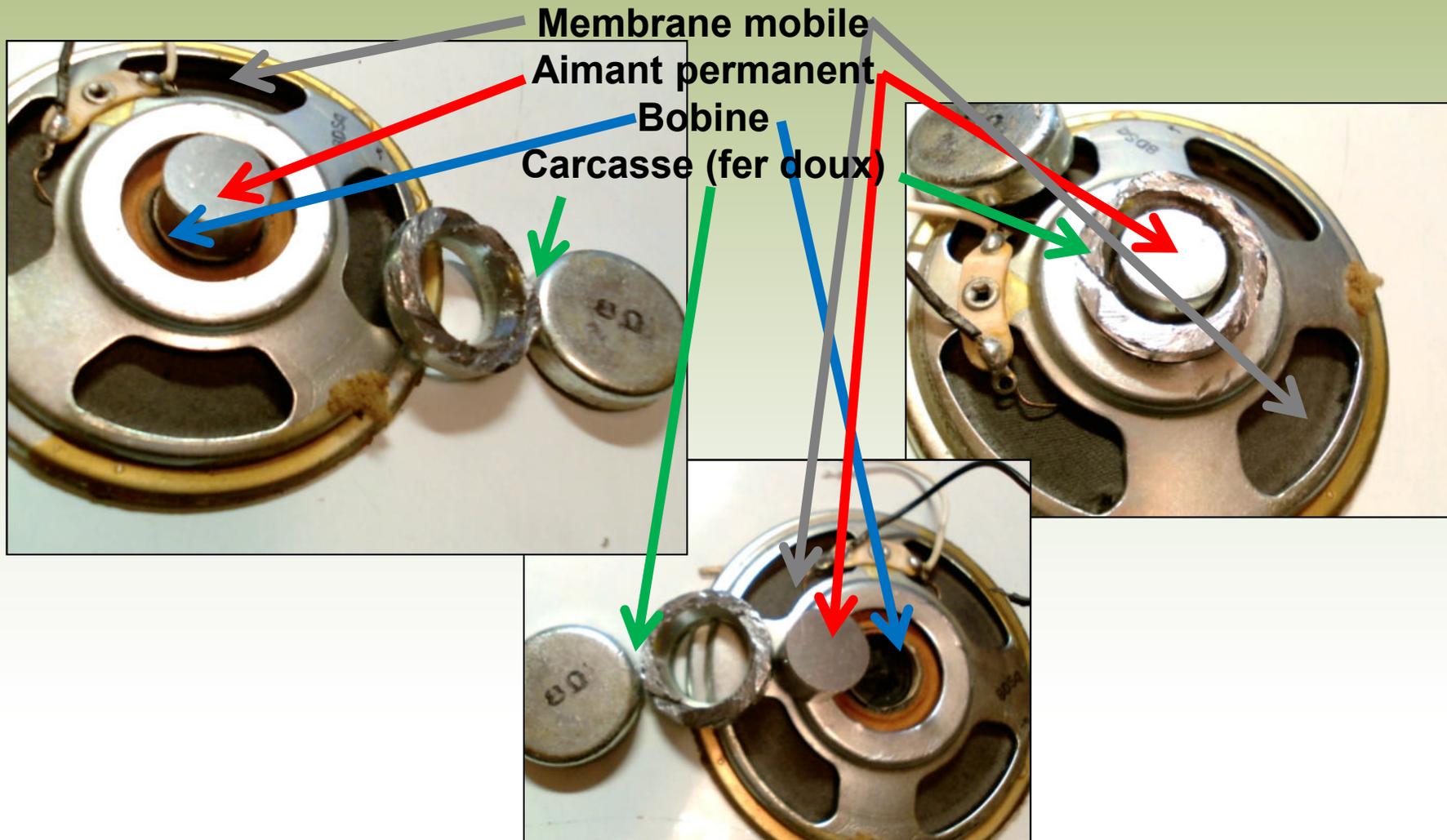


Chapitre 3 - 2^{ème} partie

3) autopsie de haut parleurs



- Autopsie d'un HP électromagnétique



Radio-Club de la Haute Île



F5KFF / F6KGL

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

Le cours de F6KGL

était présenté par F6GPX

Bon week-end à tous et à la semaine prochaine !

**Retrouvez-nous tous les vendredis soir au Radio-Club
de la Haute Île à Neuilly sur Marne (93) F5KFF-F6KGL,
sur 144,575 MHz (FM) ou sur Internet.**

Tous les renseignements sur ce cours et d'autres documents sont disponibles sur notre site Internet, onglet "*Les cours*" puis "*Certificat Radioamateur*"

f6kgl.f5kff@free.fr

<https://www.f6kgl-f5kff.fr>